



DEUTSCHES
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 39 24 381.8-35
②2 Anmeldetag: 20. 7. 89
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 13. 12. 90

DE 3924381 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Krone AG, 1000 Berlin, DE

⑦2 Erfinder:
Huynh, Hon; Belohoubek, Otto, 1000 Berlin, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

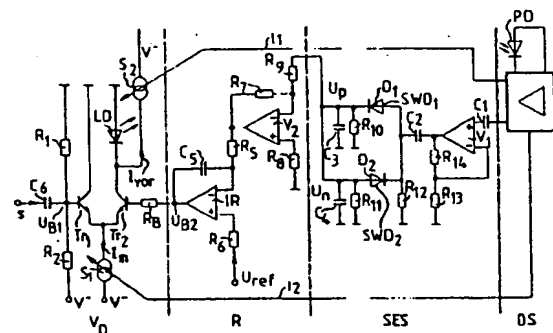
DE 28 41 433 C2
DE 37 05 697 A1
DE 29 23 683 A1
Wiss.ber. AEG-Telefunken 53 (1980) 1-2, S. 56-61;

⑤4 Optischer Sender für elektrische Datensignale

Die Erfindung bezieht sich auf einen optischen Sender für elektrische Datensignale, aus einer Sendediode, insbesondere Laserdiode oder lichtemittierende Diode, mit einer Vorstromquelle, aus einem zwei Emitterverstärker und eine Modulationsstromquelle umfassenden Differenzverstärker und aus einer, eine Photodiode umfassenden Detektorschaltung zur Regelung des Vorstromes und des dem elektrischen Datensignal proportionalen Modulationsstromes in Abhängigkeit von den, von der Photodiode empfangenen optischen Impulsen der Sendediode.

Mit einem bekannten optischen Sender dieser Art wird nur erreicht, daß die mittlere optische Sendeleistung (P_m) und die Amplituden (P_s) der optischen Impulse konstant gehalten werden können. Jedoch ändert sich das Tastverhältnis des optischen Sendesignals z. B. in Abhängigkeit von der Temperatur oder der Versorgungsspannung.

Zur Vermeidung dieser Nachteile sieht die Erfindung vor, daß zwischen die Detektorschaltung (DS) und dem Differenzverstärker (V_D) eine Spitzenwert-Erkennungsschaltung (SES) und ein Regler (R) eingeschaltet sind und daß das Tastverhältnis (T_1 , T_2) des optischen Sendesignals (S_{opt}) der Sendediode (LD) in Abhängigkeit von den mittels der Spitzenwert-Erkennungsschaltung (SES) ermittelten Spitzenwerten (U_p , U_n) der positiven und negativen Amplituden mittels des Reglers (R) konstant gehalten werden.



DE 3924381 C1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung geht aus von einem optischen Sender für elektrische Datensignale gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 und eignet sich besonders für Laserdioden oder lichtemittierende Dioden.

Bei einem solchen bekannten optischen Sender (Wissenschaftliche Berichte AEG-TELEFUNKEN 53 (1980), 1-2, Seite 56 bis 61) wird die Sendediode durch einen Differenzverstärker angesteuert, der aus einem zwei Transistoren in Emitterschaltung umfassenden eigentlichen Verstärker und zwei Stromquellen besteht. Der Differenzverstärker kann sehr schnell arbeiten, so daß dieser für die Übertragung von elektrischen Signalen höherer Bitrate sehr gut geeignet ist. Wenn die Transistoren des Differenzverstärkers völlig identisch sind, wird der Differenzverstärker von der Umgebungstemperatur nicht beeinträchtigt, so daß der Ansteuerungsstrom für die Sendediode in der Form konstant bleibt. Die Sendediode, insbesondere Laserdiode, benötigt einen Vorstrom, der etwa so groß ist wie der Schwellstrom, bei dem die Laserdiode zu lasern beginnt, und einen Modulationsstrom, der dem elektrischen Datensignal proportional ist. Wegen der starken Temperaturabhängigkeit der Laserdiodenkennlinien ist es erforderlich, sowohl den Vorstrom als auch den Modulationsstrom in ihrer Größe mit Hilfe einer Photodiode und einer Detektorschaltung derart zu regeln, daß die mittlere optische Sendeleistung und die Amplituden der optischen Impulse erhalten bleiben. Außerdem ist die Regelung des Modulationsstromes deswegen erforderlich, weil die Licht-Strom-Kennlinie (PI-Kennlinie) von Laserdioden durch sogenannte Alterungseffekte normalerweise flacher wird.

Der benötigte Modulationsstrom wird dem emitterschalteten Transistorpaar des Differenzverstärkers über den gemeinsamen Emitter bereitgestellt. Die Einkopplung des zu übertragenden Signals geschieht über die Basis des ersten Transistors, dessen Kollektor auf Masse liegt. Die Basis des zweiten Transistors wird mit einer festen Spannung beaufschlagt, und der Kollektor des zweiten Transistors liegt über die Laserdiode an Masse. Dieses stellt die prinzipielle Wirkungsweise eines Lasertreibers der gattungsgemäßen Art dar (Wissenschaftliche Berichte AEG-TELEFUNKEN 53 (1980), 1-2). Das optische Signal des Lasers wird von einer Vordiode detektiert und in seine Gleich- und Wechselanteile zerlegt, die anschließend verstärkt werden. In einer Spitzenwerkerkennungsschaltung erfolgt die Bestimmung der Spitzenwerte der positiven und negativen Amplituden des Wechselanteils. Die Summe der positiven und negativen Spitzenwerte kann zur Regelung des Modulationsstromes, der den gemeinsamen Emitter des Differenzverstärkers zugeführt wird, benutzt werden. Über den detektierten Gleichanteil erfolgt die Regelung des Laserdiodenvorstromes.

Ähnliche Stabilisierungsschaltungen finden sich in der DE 29 23 683 A1, wobei hier jedoch nur der Modulationsstrom geregelt wird und die Laserdiode aus Energieeinspargründen ohne Vorstrom arbeitet. Des weiteren werden ein festes Tastverhältnis vorausgesetzt und der Laser beim Abweichen von diesem Tastverhältnis abgeschaltet, um die Diode vor einer Zerstörung zu bewahren.

Den Stabilisierungsschaltungen der gattungsgemäßen Art ist gemeinsam, daß durch Regelung des Modulationsstromes und/oder des Vorstromes eine konstante optische Ausgangsleistung unabhängig von der Tempe-

ratur erreicht wird. Ein dazu nötiger Differenzverstärker mit idealen Eigenschaften müßte zwei völlig identische Transistoren für die beiden Emitterverstärker und völlig identische Widerstände für die Einstellung der Arbeitspunkte besitzen. Nur dann können die jeweiligen Basisspannungen der beiden Transistoren und die beiden durch die Kollektorkreise fließenden Ströme gleich sein und von der Temperatur nicht beeinflusst werden. Im realen Fall sind die Spannungen jedoch wegen der unterschiedlichen Eigenschaften der Transistoren und Widerstände ungleich, so daß sich das Tastverhältnis der optischen Impulsform mit der Temperatur ändert, obwohl die mittlere Sendeleistung durch die Regelung konstant gehalten werden kann. Die Folge ist, daß die Bitfehlerhäufigkeit schwankt oder ansteigt, z. B. in Abhängigkeit von der Temperatur. Dies liegt darin begründet, daß die Bitfehlerhäufigkeit eine Funktion des Tastverhältnisses ist. Ein optisches Datensignal mit einem Tastverhältnis von 1:1 erzeugt beispielsweise eine niedrigste Bitfehlerhäufigkeit. Diese steigt aber sehr schnell an, wenn das Tastverhältnis von diesem Idealwert abweicht, bis zu einer Grenze, bei der eine einwandfreie Nachrichtenübertragung nicht mehr möglich ist.

Der Erfindung liegt von daher die Aufgabe zugrunde, einen optischen Sender für elektrische Datensignale der gattungsgemäßen Art zu schaffen, bei dem das Tastverhältnis der optischen Impulsform des optischen Sendesignals konstant ist.

Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus den Merkmalen des Anspruches 1. Erfindungsgemäß wird als Regelgröße zur Steuerung des Tastverhältnisses die zum Tastverhältnis proportionale Differenz der maximalen positiven und negativen Amplituden des Wechselanteils des optischen Signals herangezogen. Der Wechselanteil wird aus dem von der Photodiode detektierten optischen Sendeimpuls ausgekoppelt, und in der Spitzenwerkerkennungsschaltung durch zwei Spitzenwertdetektoren in seine maximalen positiven und negativen Amplituden U_p und U_n zerlegt. Anschließend wird die Differenz der Spitzenwerte U_p und U_n , welche proportional zu dem Tastverhältnis T_1/T_2 ist, gebildet. Diese Differenz kann zur Regelung des Tastverhältnisses herangezogen werden. Über einen Regler R wird mit dieser Regelgröße der Arbeitspunkt des Differenzverstärkers eingestellt und somit wird eine aktive Konstanthaltung und Regelung des Tastverhältnisses erreicht.

Die Auskopplung des Wechselanteils des mit Hilfe der Photodiode detektierten Tastsignals wird über einen ersten Kondensator vorgenommen. Das ausgekoppelte Signal wird durch einen ersten Verstärker verstärkt und durch den positiven bzw. negativen Spitzenwertdetektor in die maximale positive Spannung bzw. in die maximale negative Spannung zerlegt. Die Differenz der Spannungssignale wird durch einen zweiten Verstärker verstärkt und dem einen Eingang eines I-Reglers zugeführt. Mit Hilfe einer Referenzspannung am anderen Ende des I-Reglers wird das erwünschte Tastverhältnis eingestellt. Der Ausgang des I-Reglers wird mit der Basis des zweiten Transistors des Differenzverstärkers über einen Basiswiderstand verbunden, so daß der Regelkreis geschlossen ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand des Standes der Technik und anhand eines Ausführungsbeispiels eines optischen Senders für elektrische Datensignale näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 die bekannte Schaltungsanordnung zur Ansteuerung einer Laserdiode mittels eines Differenzverstärkers,

Fig. 2 das Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung des optischen Senders,

Fig. 3 den vereinfacht dargestellten Schaltungsaufbau der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung des optischen Senders,

Fig. 4 die konkrete erfindungsgemäße Schaltungsanordnung des optischen Senders für elektrische Datensignale und

Fig. 5 und 6 verschiedene Tastverhältnisse (T_1/T_2) eines Datensignals der Periodendauer ($T = T_1 + T_2$).

Der bekannte optische Sender für elektrische Datensignale umfaßt gemäß Fig. 1 eine Sendediode in Form einer Laserdiode LD mit einer Vorstromquelle S_2 , einen zwei Emitterverstärker Tr_1 , Tr_2 und eine Modulationsstromquelle S_1 umfassenden Differenzverstärker V_D und eine, eine Photodiode PD umfassende Detektorschaltung DS zur Regelung des Vorstromes I_{vor} und des dem elektrischen Datensignal s proportionalen Modulationsstromes I_m in Abhängigkeit von den, von der Photodiode PD empfangenen optischen Sendeimpulsen S_{opt} der Sendediode LD. Zwei Widerstände R_1 , R_2 sowie ein Kondensator C dienen zur Einstellung des Arbeitspunktes U_{B1} des einen Transistors Tr_1 des Differenzverstärkers V_D . Entsprechend dienen zwei Widerstände R_3 , R_4 zur Einstellung des Arbeitspunktes U_{B2} des weiteren Transistors Tr_2 des Differenzverstärkers V_D .

Die Laserdiode LD des optischen Senders wird durch den Differenzverstärker V_D angesteuert, welcher aus den beiden Transistoren Tr_1 , Tr_2 der Emitterverstärker und der Stromquelle S_1 besteht. Der Differenzverstärker V_D kann sehr schnell arbeiten, so daß dieser für die Übertragung von Datensignalen s höherer Bitrate sehr gut geeignet ist. Wenn die Transistoren Tr_1 , Tr_2 der beiden Emitterverstärker des Differenzverstärkers V_D völlig identisch sind, wird der Differenzverstärker V_D von der Umgebungstemperatur nicht beeinträchtigt, so daß der Ansteuerungsstrom I_m der Laserdiode LD in der Form konstant bleibt. Das optische Datensignal S_{opt} mit einem Tastverhältnis von 1 : 1 erzeugt eine niedrigste Bitfehlerhäufigkeit. Diese steigt schnell an, wenn das Tastverhältnis von diesem Idealwert abweicht, bis zu einer Grenze, bei der eine einwandfreie Nachrichtenübertragung nicht mehr möglich ist. Das Tastverhältnis ist das Verhältnis eines Signals über einer Zeitachse, bezogen auf die mittlere Linie des Signals, d.h. die 50%-Linie. Das Tastverhältnis ist z. B. das zeitliche Verhältnis von H-Level zu L-Level oder H-Pegel zu L-Pegel oder das Verhältnis der Zeitlängen von positiver und negativer Halbwelle.

Die Laserdiode LD benötigt einen Vorstrom I_{vor} , der etwa so groß wie der Schwellstrom ist, bei dem die Laserdiode LD zu lasern beginnt, und einen Modulationsstrom I_m , der dem elektrischen Datensignal s proportional ist. Wegen der starken Temperaturabhängigkeit ist es erforderlich, sowohl den Vorstrom I_{vor} als auch den Modulationsstrom I_m in ihrer Größe mit Hilfe der Photodiode PD derart zu regeln, daß die mittlere optische Sendeleistung P_m und die Amplituden P_s der optischen Impulse erhalten bleiben. Außerdem ist die Regelung des Modulationsstromes I_m deswegen erforderlich, weil die Licht-Strom-Kennlinie (PI-Kennlinie) der Laserdiode LD durch sogenannte Alterungseffekte normalerweise flacher wird.

Der Differenzverstärker V_D mit der idealen Eigenschaft würde zwei völlig identische Transistoren Tr_1 , Tr_2

und völlig identische Widerstände R_1 , R_2 , R_3 und R_4 für die Einstellung der Arbeitspunkte U_{B1} , U_{B2} benötigen. Nur dann können die beiden Basisspannungen U_{B1} und U_{B2} und die beiden Ströme, die durch die Kollektorkreise der Transistoren Tr_1 , Tr_2 fließen, gleich sein und von der Temperatur nicht beeinflusst werden. Im realen Falle sind die Spannungen U_{B1} und U_{B2} wegen der unterschiedlichen Eigenschaften der Transistoren Tr_1 , Tr_2 und der Widerstände R_1 , R_2 , R_3 und R_4 ungleich, so daß sich das Tastverhältnis T_1/T_2 der optischen Impulsform mit der Temperatur ändert, obwohl die mittlere Sendeleistung P_m durch die Regelung konstant gehalten werden kann. Die Folge ist, daß die Bitfehlerhäufigkeit schwankt oder ansteigt, z. B. mit der Temperatur oder der schwankenden Versorgungsspannung.

Mit der voranstehend beschriebenen bekannten Schaltungsanordnung eines optischen Senders für elektrische Datensignale wird erreicht, daß die mittlere Sendeleistung P_m und die Amplituden P_s der optischen Impulse konstant bleiben, jedoch ändert sich das Tastverhältnis T_1/T_2 des optischen Sendeignals. Mit der nachstehend beschriebenen, erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung eines optischen Senders für elektrische Datensignale bleibt das Tastverhältnis T_1/T_2 des optischen Sendeignals konstant, wozu die Spannung U_{B2} im Arbeitspunkt geregelt wird.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung umfaßt gemäß dem in Fig. 2 dargestellten Blockschaltbild einen Differenzverstärker V_D mit angeschlossener Laserdiode LD, einen Regler R, eine Spitzenwert-Erkennungsschaltung SES und eine Detektorschaltung DS mit angeschlossener Photodiode PD. Der Verstärker V_D ist gemäß Fig. 3 in gleicher Weise wie der Verstärker V_D der bekannten Schaltungsanordnung gemäß Fig. 1 aufgebaut. Entsprechendes gilt auch für die Detektorschaltung DS. Der wesentliche Unterschied der nunmehr beschriebenen erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung eines optischen Senders für elektrische Datensignale besteht in der Zwischenschaltung der Spitzenwert-Erkennungsschaltung SES und des Reglers R, deren konkrete schaltungstechnische Ausgestaltung anhand der Fig. 4 näher erläutert wird.

Der Verstärker V_D umfaßt einen Dateneingang für das Datensignal s , einen ersten Kondensator C_6 , zwei zwischen einen Arbeitspunkt U_{B1} und Erde bzw. der negativen Versorgungsspannung V^- geschaltete Widerstände R_1 bzw. R_2 , zwei Transistoren Tr_1 , Tr_2 , eine erste Stromquelle S_1 zur Einstellung des Modulationsstromes I_m , eine zweite Stromquelle S_2 zur Einstellung des Vorstromes I_{vor} und eine Sendediode in Form einer Laserdiode LD, die zwischen dem Kollektor des Transistors Tr_2 und Erde geschaltet ist. Auch der Kollektor des Transistors Tr_1 ist gegen Erde geschaltet. Die Emittoren der Transistoren Tr_1 , Tr_2 sind mit der Stromquelle S_1 zur Regelung des Modulationsstromes I_m verbunden. Die Stromquellen S_1 , S_2 sind über Leitungen l_1 , l_2 mit der Detektorschaltung DS verbunden, an welche wiederum die Photodiode PD angeschlossen ist. Zwischen der Detektorschaltung DS und dem Arbeitspunkt U_{B2} der Basis des Transistors Tr_2 des Differenzverstärkers V_D ist eine Kettenschaltung aus der Spitzenwert-Erkennungsschaltung SES und dem Regler R eingeschaltet.

Die Spitzenwert-Erkennungsschaltung SES umfaßt einen ersten Verstärker V_1 und ein Differenzglied mit dem Kondensator C_2 und dem Widerstand R_{12} sowie zwei Spitzenwert-Detektoren SWD_1 und SWD_2 . Zwischen der Detektorschaltung DS und dem nicht-invertierenden Eingang des ersten Verstärkers V_1 ist ein

Kondensator C_1 eingeschaltet, mit welchem der Wechselanteil des mit Hilfe der Photodiode PD detektierten optischen Datensignals gekoppelt wird. Das gekoppelte Signal wird durch den Verstärker V_1 verstärkt, dessen Verstärkungsfaktor durch zwei in Reihe und gegen Erde geschaltete Widerstände R_{13} , R_{14} gebildet wird, deren Mittelpunkt an den invertierenden Eingang des Verstärkers V_1 geschaltet ist. Der Ausgang des Verstärkers ist über einen Kondensator C_2 mit den Spitzenwert-Detektoren SWD_1 , SWD_2 verbunden, wobei der Kondensator C_2 mit dem Widerstand R_{12} das Differenzierglied bildet. Die beiden parallel geschalteten Spitzenwert-Detektoren SWD_1 , SWD_2 bestehen jeweils aus einem gegen Erde geschalteten Kondensator C_3 , C_4 und einem gegen Erde geschalteten Widerstand R_{10} , R_{11} sowie einer Diode D_1 , D_2 , wobei die Diode D_1 mit ihrer Anode mit dem Kondensator C_2 und die Diode D_2 mit ihrer Kathode mit dem Kondensator C_2 verbunden sind. Die beiden Dioden D_1 , D_2 sind insbesondere als Schottky-Dioden ausgebildet, die für das Arbeiten über einen großen Frequenzbereich geeignet sind.

Das durch den Kondensator C_1 gekoppelte und durch den ersten Verstärker V_1 verstärkte Signal wird mittels des Differenziergliedes und des Spitzenwert-Detektors SWD_1 in eine positive Spannung U_p und mittels des Spitzenwert-Detektors SWD_2 in eine negative Spannung U_n zerlegt. Die Differenz $\Delta U = U_p - U_n$ wird dem Regler R zugeführt. Dieser besteht aus dem zweiten Verstärker V_2 , dessen invertierender Eingang über einen Widerstand R_9 an die Spitzenwert-Erkennungsschaltung SES angeschlossen ist. Der nicht-invertierende Eingang des Verstärkers V_2 ist über einen Widerstand R_8 an Erde geschaltet. Parallel zum invertierenden Eingang und zum Ausgang des Verstärkers V_2 ist ein Rückkopplungswiderstand R_7 geschaltet. Der Ausgang des Verstärkers V_2 ist über einen Widerstand R_5 mit dem invertierenden Eingang eines I-Reglers IR verbunden, dessen nicht-invertierender Eingang über einen Widerstand R_6 an eine Referenzspannungsquelle U_{ref} geschaltet ist. Ein Kondensator C_5 ist parallel zum invertierenden Eingang und zum Ausgang des I-Reglers IR geschaltet, der Ausgang des I-Reglers IR ist über den Arbeitspunkt U_{B2} und einen Widerstand R_B an die Basis des Transistors Tr_2 des Differenzverstärkers VD geschaltet. Der an den nicht-invertierenden Eingang des Verstärkers V_2 geschaltete Widerstand R_8 dient zur Kompensation der Offset-Spannung. Der zwischen den Ausgang des Verstärkers V_2 und den invertierenden Eingang des I-Reglers IR geschaltete Widerstand R_5 bildet zusammen mit dem Kondensator C_5 eine Integrationszeit für den I-Regler IR. Die Verstärkungsfaktoren der beiden Verstärker V_1 und V_2 werden wie folgt gebildet:

$$VF_{V_1} = 1 + \frac{R_{14}}{R_{13}}$$

$$VF_{V_2} = - \frac{R_7}{R_9}$$

Die Differenz der positiven Spannung U_p und der negativen Spannung U_n , d. h. $\Delta U = U_p - U_n$ wird durch den Verstärker V_2 verstärkt und dem invertierenden Eingang des I-Reglers IR zugeführt. Mit Hilfe der Referenzspannung U_{ref} , die am nicht-invertierenden Eingang des I-Reglers IR anliegt, kann das erwünschte Tastverhältnis eingestellt werden. Der Ausgang des I-Reglers

IR ist mit der Basis des Transistors Tr_2 über den Basiswiderstand R_B verbunden, so daß der Regelkreis zwischen der Detektorschaltung DS und dem Differenzverstärker VD geschlossen ist.

Die Fig. 5 zeigt drei verschiedene Tastverhältnisse $T_1 : T_2$ eines Datensignals s der Periodendauer T . Um das Tastverhältnis $T_1 : T_2$ des optischen Sendesignals S_{opt} konstant zu halten, wird erfindungsgemäß die Spannung im Arbeitspunkt U_{B2} geregelt. Hierzu wird der Ist-Wert des Tastverhältnisses $T_1 : T_2$ in der Spitzenwert-Erkennungsschaltung SES detektiert, indem der Wechselanteil des Sendeimpulses mittels der Photodiode PD detektiert und mit Hilfe der beiden Spitzenwert-Detektoren SWD_1 , SWD_2 in positive und negative Amplituden U_p und U_n zerlegt wird. Die Fig. 6 zeigt verschiedene prinzipielle Überlegungen für das Tastverhältnis. Wenn $|U_p|$ gleich $|U_n|$ ist, ist das Tastverhältnis $T_1 : T_2$ gleich $1 : 1$, d. h. T_1 ist gleich T_2 . Wenn $|U_p|$ größer als $|U_n|$ ist, ist das Tastverhältnis kleiner als $1 : 1$, d. h. T_1 ist kleiner als T_2 . Wenn $|U_p|$ kleiner als $|U_n|$ ist, ist das Tastverhältnis größer als $1 : 1$, d. h. T_1 ist größer als T_2 . Mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung für einen optischen Sender kann unter Zuhilfenahme der Differenz $\Delta U = U_p - U_n$ die Spannung im Arbeitspunkt U_{B2} über den Regelkreis R so geregelt werden, daß das Tastverhältnis $T_1 : T_2$ immer einen konstanten Wert hat, z. B. $T_1/T_2 = 1 : 1$.

Patentansprüche

1. Optischer Sender für elektrische Datensignale, umfassend eine Sendediode mit einer Vorstromquelle, einen zwei Transistorverstärker in Emitter-schaltung und eine Modulationsstromquelle aufweisenden Differenzverstärker und eine Photodiode, eine Spitzenwerterkennungsschaltung und eine Regelungsschaltung aufweisende Detektorschaltung zur Regelung des Vorstromes und des dem elektrischen Datensignal proportionalen Modulationsstromes in Abhängigkeit von den von der Photodiode empfangenen optischen Impulsen der Sendediode, dadurch gekennzeichnet, daß die zum Tastverhältnis (T_1/T_2) proportionale Differenz der von der Spitzenwerterkennungsschaltung (SES) detektierten Spitzenwerte (U_p , U_n) der positiven und negativen Amplituden des Wechselanteils des optischen Photosignals zum Konstanthalten des Tastverhältnisses (T_1/T_2) mittels eines Reglers (R) benutzt wird.

2. Optischer Sender nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spitzenwert-Erkennungsschaltung (SES) aus einem Verstärker (V_1), einem Kondensator (C_2) und einem Widerstand (R_{12}) umfassenden Differenzierglied und zwei Spitzenwert-Detektoren (SWD_1 , SWD_2) gebildet ist, die jeweils aus einer Diode (D_1 , D_2), einem Widerstand (R_{10} , R_{11}) und einem Kondensator (C_3 , C_4) bestehen, daß die Dioden entgegengesetzt geschaltet sind und der eine Spitzenwert-Detektor (SWD_1) die positive Amplitude (U_p) und der andere Spitzenwert-Detektor (SWD_2) die negative Amplitude (U_n) des optischen Sendesignals (S_{opt}) ermittelt und daß das ermittelte Differenzsignal ($\Delta U = U_p - U_n$) über den Regler R an die Basis (U_{B2}) des Transistors (Tr_2) des Differenzverstärkers (VD) gegeben wird.

3. Optischer Sender nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (R) aus einem Verstärker (V_2) und einem I-Regler (IR) gebil-

det ist, welcher die Spannung am Arbeitspunkt (U_{B2}) in Abhängigkeit von dem Differenzsignal (ΔU) so regelt, daß das Tastverhältnis (T) immer einen konstanten Wert hat.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

FIG.1

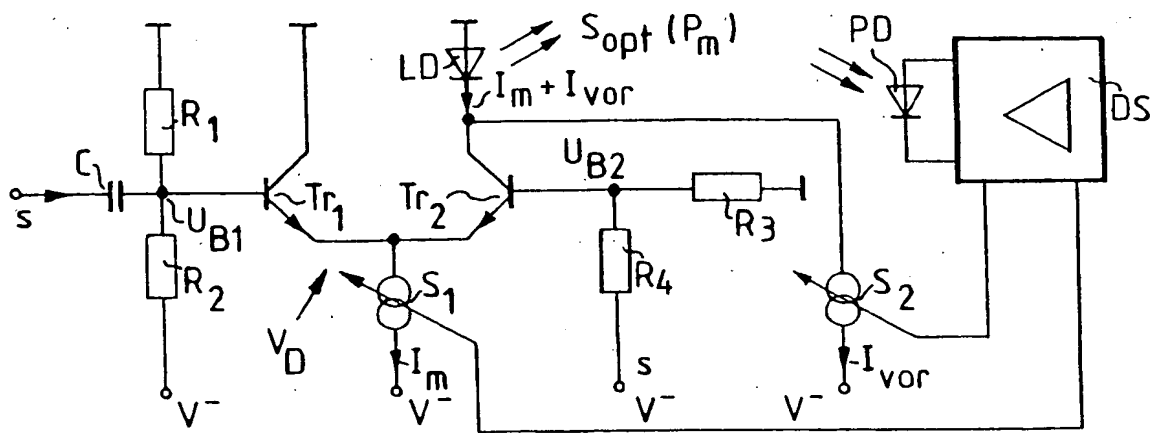


FIG.2

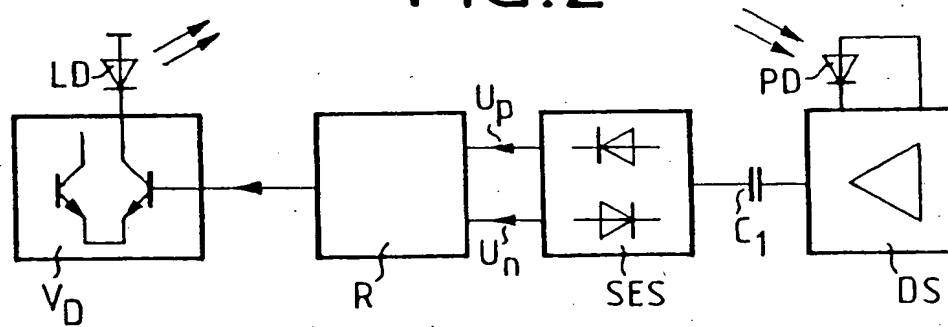


FIG.3

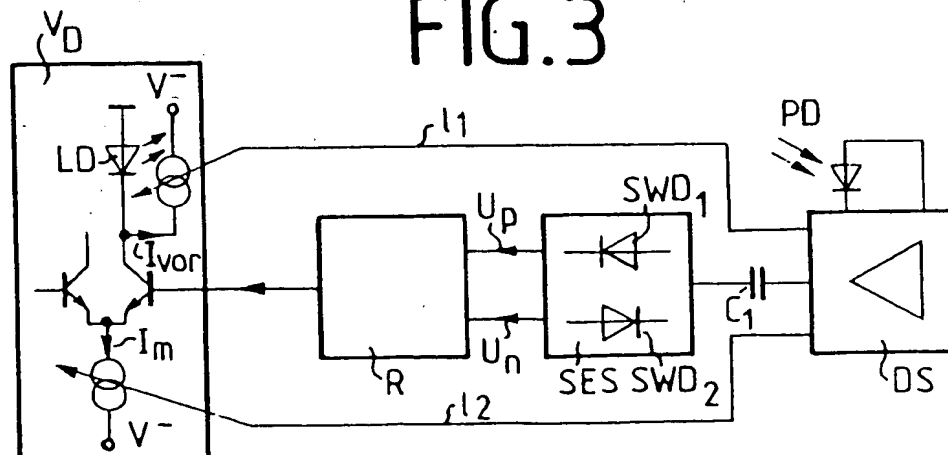


FIG.4

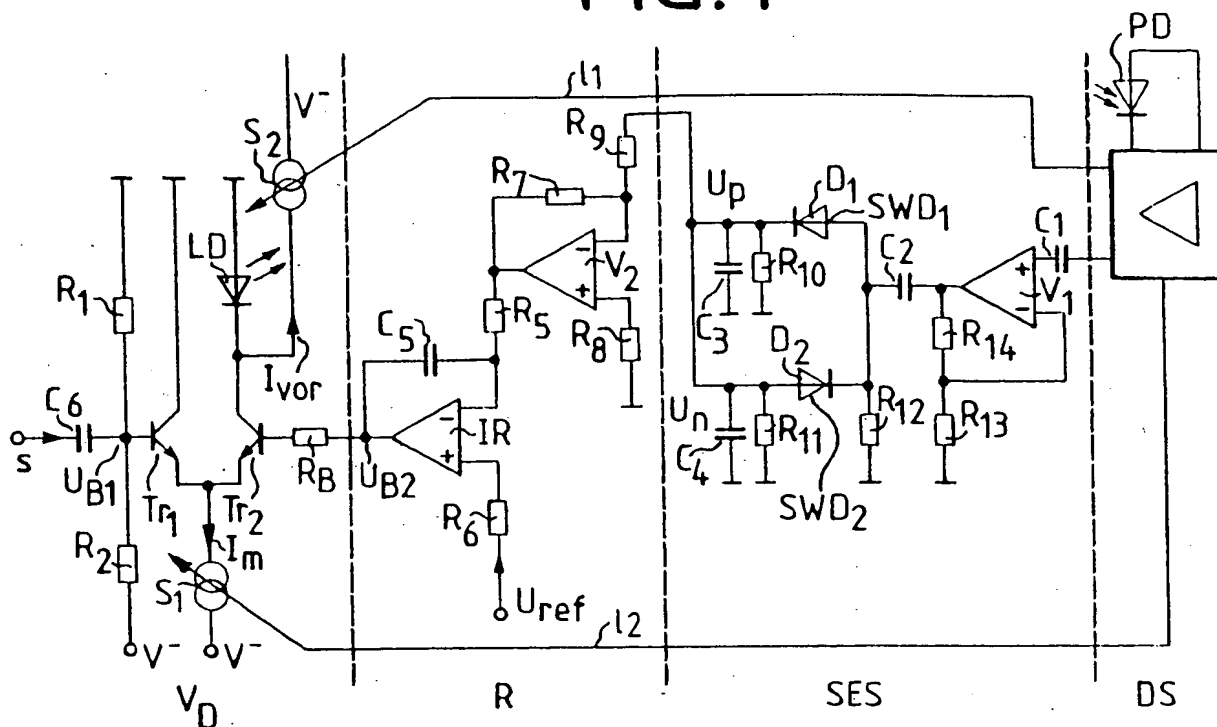


FIG.5

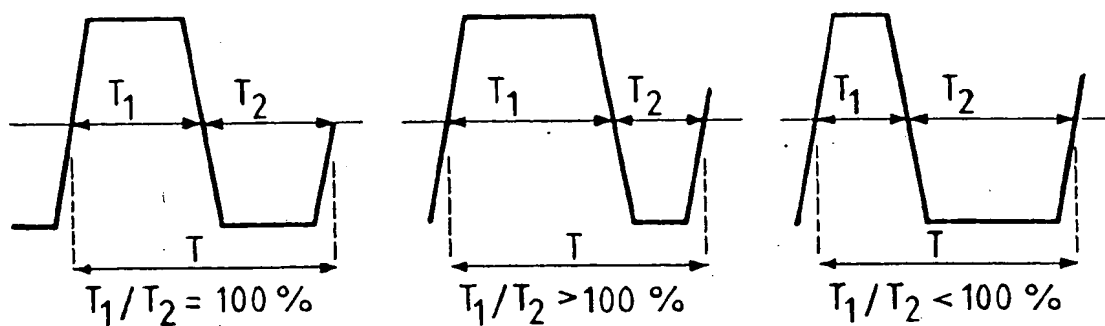
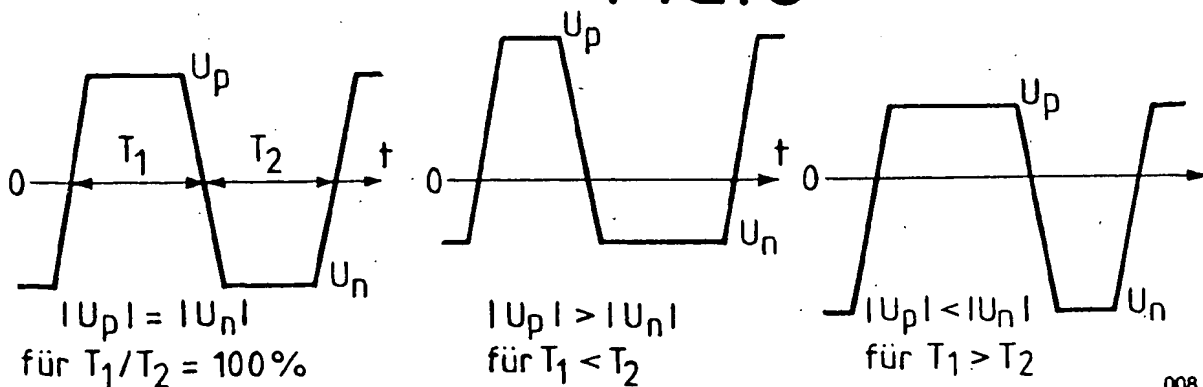


FIG.6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.